はじめに

高等学校の「地学」は，とても幅広い内容を扱う科目です。固体地球，地質，大気・海洋，惑星，天文と大まかな分野を並べただけでも，よくわかりますね。

みなさんが既に学んだ「地学基礎」は，さまざまな事実について広く知識を得て，それらと人間生活との関係について考える科目でした。「地学」では，観測事実や理論について知ることだけでなく，それらの物理学的・化学的な背景や，研究史を学ぶことも重視されます。内容の幅広さに対応して，必要となる基礎知識も多いといえます。

この「ベーシックレベル地学」は，そんな「地学」を学ぶ最初の一歩として作られた講座です。具体的には，次のような特徴があります。

- 全範囲を扱うが，細分化されているため１パートあたりの内容は少ない
- 紹介する単語は特に重要なものに絞られているため，数が少ない
- 演習で具体的な事例や計算例が多く扱われ，内容がイメージしやすい
- 地学に関連する他科目のまとめがある（第 22 講）

できるだけ無理なく学習を進められるようなつくりになっていますので，ゆっくり進めていきましょう。

なお，「地学」の学習は，次のような３ステップで進めていくことが大切です。

1. 各単元の理論や時間の流れなど，大まかな背景を理解する
2. （1. にでてきた）重要な単語を覚える
3. 1. を深めるための問題演習や，2. に含まれなかった単語の学習を進める

これらのうち，「ベーシックレベル地学」はおもに 1 と 2 に対応しています。本講座で基礎をしっかりと作り，次のステップにつなげていきましょう。

野津　太一

講座の受け方

受講対象

おもに「地学」を初めて学ぶ人

ただし，「地学基礎」を既に学んだ人

講座の構成

各 PART は「講義」「演習問題」「確認テスト」で構成されています。

- **講義**　基本的な知識や重要事項を学習します。短い動画があります。
- **演習問題**　講義の内容に関連した演習を行います。短い動画があります。
- **確認テスト**　授業で学んだ内容を復習するための問題です。

学習の流れ

- **「講義」前の予習**　基本的に不要です。
- **授業（「講義」）**　「講義」の動画で学びましょう。
- **「演習問題」前の予習**　できる範囲で，演習問題に取り組んでみましょう。
- **授業（「演習問題」）**　「演習問題」の動画で学びましょう。
- **復習**　授業で学んだ内容を，確認テストで復習しましょう。

「講義」の学び方

テキスト本文の一部が選択形式，まとめの一部が穴埋め形式になっています。授業を受けながら書き込んでいき，復習の際にはそこを中心に確認していくとよいでしょう。

「演習問題」の学び方

「講義」の内容に沿った知識の確認の問題もありますが，図やグラフの読み取りを行う問題のほか，計算や作図を行う問題も収録しました。少し時間のかかるものもありますので，理解を深めるために，自分で取り組んでみるとよいでしょう。

「確認テスト」の学び方

「確認テスト」は基本的な重要事項を確認するための問題です。できなかったところは，「講義」や「演習問題」の復習をしてから再挑戦しましょう。

< Note >

目次

前編

第1講 地震波と地球の内部構造
- PART1 近地地震の走時曲線
- PART2 アイソスタシー
- PART3 遠地地震の走時曲線
- PART4 地球内部を構成する物質

第2講 重力
- PART1 重力
- PART2 ジオイドと地球楕円体
- PART3 重力補正
- PART4 重力異常と地下構造

第3講 熱
- PART1 地殻熱流量
- PART2 地球内部の熱源

第4講 地磁気
- PART1 地磁気の三要素
- PART2 地磁気の分布
- PART3 地磁気の変化

第5講 プレートテクトニクス
- PART1 プレート境界と大地形
- PART2 プレートテクトニクスの成立
- PART3 プレートとマントルの動き

第6講 地震
- PART1 震源の分布
- PART2 震源の決定
- PART3 発震機構

第7講 火山
- PART1 造岩鉱物の性質
- PART2 マグマの発生
- PART3 マグマの性質の変化
- PART4 偏光顕微鏡による鉱物の観察

第8講 造山運動
- PART1 地殻変動の測定
- PART2 地殻変動と地形
- PART3 地殻変動と大陸地殻の形成
- PART4 付加体の形成と構造侵食
- PART5 変成作用と変成岩
- PART6 変成条件の推定

第9講 地表の変化
- PART1 風化作用
- PART2 さまざまな地形と堆積物

第10講 地質調査と地質図
- PART1 走向と傾斜
- PART2 ルートマップ
- PART3 地質断面図と地質柱状図
- PART4 地質図

第11講 地球の歴史
- PART1 放射性年代
- PART2 全球凍結
- PART3 顕生代の特徴的な環境変動
- PART4 新生代の環境変動
- PART5 ミランコビッチサイクル

後編
第12講 地球表層の熱収支
PART1 シュテファン・ボルツマンの法則
PART2 ウィーンの変位則
PART3 地球の全球熱収支と温室効果
PART4 地球の放射平衡温度

第13講 大気の構造
PART1 大気の組成
PART2 断熱変化と大気の安定性
PART3 雲と降水
PART4 フェーン現象

第14講 大気の運動
PART1 地上天気図と等圧面天気図
PART2 空気塊にはたらく力
PART3 地衡風
PART4 傾度風と地上風
PART5 局地風
PART6 季節風
PART7 熱帯低気圧と台風
PART8 偏西風波動と温帯低気圧
PART9 高気圧

第15講 海洋
PART1 海流
PART2 熱塩循環と海水の鉛直構造
PART3 波
PART4 潮汐

第16講 大気・海洋の変動
PART1 対流圏と成層圏の変動
PART2 大気による物質輸送
PART3 都市とその周辺の大気
PART4 物質循環

第17講 日本列島の今・昔
PART1 現在の日本近海の海洋環境
PART2 現在の日本列島の気象
PART3 日本列島の地質
PART4 新生代の日本列島

第18講 惑星の運動と見え方
PART1 地球の自転と公転
PART2 ケプラーの法則
PART3 天球と太陽の動き
PART4 時刻と暦
PART5 惑星の視運動

第19講 太陽系の天体
PART1 太陽の構造
PART2 太陽の表層
PART3 太陽活動の地球への影響
PART4 太陽系の惑星
PART5 太陽系のさまざまな天体

第20講 恒星
PART1 天体の等級
PART2 恒星のスペクトル型
PART3 HR図
PART4 主系列星の質量と寿命
PART5 太陽質量の恒星の一生
PART6 さまざまな恒星の一生
PART7 星団
PART8 連星

第21講 銀河と宇宙
PART1 銀河系の構造
PART2 銀河系の天体の運動
PART3 さまざまな銀河
PART4 宇宙の距離はしご
PART5 宇宙の階層構造
PART6 ハッブル・ルメートルの法則
PART7 宇宙の誕生と進化

第22講 地学のための基礎知識
PART1 地学のための数学
PART2 地学のための物理
PART3 地学のための化学
PART4 地学のための地理

第 1 講　地震波と地球の内部構造

PART1 近地地震の走時曲線

目標　近地地震の走時曲線から読み取れることがらについて説明できる。

Chapter1　近地地震の走時曲線

地球の半径が約 6400km であるのに対して，人類が掘削により到達した深さは約 12km に過ぎません。それより深い地下のようすは，どのようにして推定されているのでしょうか。

知っておこう
観測点から見て震源の比較的近い（数百 km 以内の）地震は近地地震と呼ばれています。
反対に，震源の遠い（数千 km の）地震は遠地地震と呼ばれています。

走時曲線とは

・**走時**

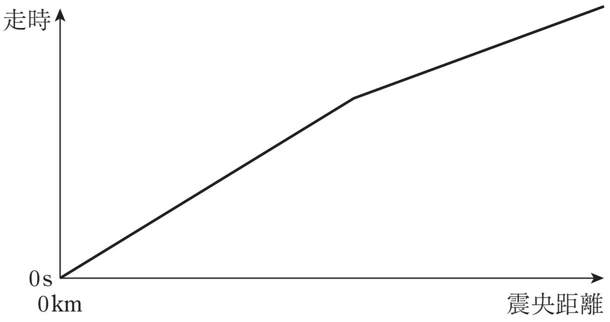
地震が発生してから，地震波が観測点に到達するまでに要した時間のこと。

知っておこう
地震波のうち P 波と S 波では走時が異なるので，「P 波の走時」や「S 波の走時」という表現も用いられます。

・**走時曲線**

横軸に（走時 / 震央距離），縦軸に（走時 / 震央距離）をとり，走時と震央距離の関係を表したグラフのこと。

復習
震源と震央（地学基礎）
震源：破壊開始点
震央：震源の真上にあたる地表の地点



走時曲線の読み取り

・**走時曲線の折れ曲がり**

同じ地震波〔P 波または S 波〕でも

・地殻だけを伝わる**直接波**

・地殻とマントルを伝わる**屈折波**

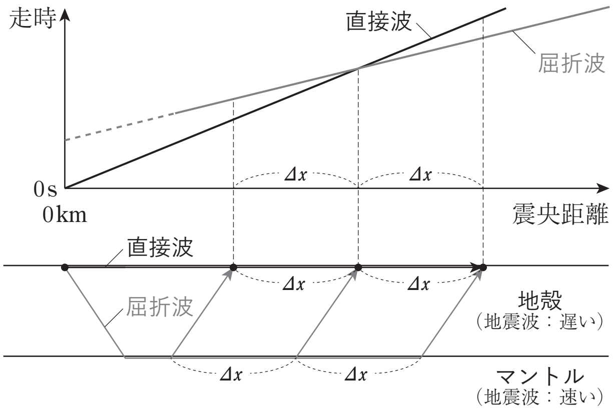
では走時が異なる。

地殻よりマントルの方が地震波速度は（大きい / 小さい）ので，

・震央に近い地点では（直接波 / 屈折波）

・震央からある程度より遠い地点では（直接波 / 屈折波）

が先に伝わり，これによって走時曲線の折れ曲がりが生じる。



・**地震波速度**

速度は距離を時間で割ったもの〔単位時間あたりに進む距離〕

→走時曲線の（傾き / 傾きの逆数）が地震波速度を表す。

震央距離がΔxだけ大きくなったとき，

・直接波は地殻内を進む距離がΔxだけ大きくなる

・屈折波はマントル内を進む距離がΔxだけ大きくなる

ので，直接波の走時曲線からは地殻内，屈折波の走時曲線からはマントル内の地震波速度を求めることができる。

・**モホロビチッチ不連続面の深さ**

走時曲線の折れ曲がる震央距離は，地殻が厚いほど（大きい / 小さい）。このことを用いると，地殻とマントルの境界面にあたる**モホロビチッチ不連続面**〔モホ面〕の深さを推定できる。

まとめ

・走時曲線は横軸に＿＿＿＿，縦軸に＿＿＿＿をとったグラフであり，その＿＿＿＿が地震波速度である。

・地殻とマントルの境界面を＿＿＿＿＿＿という。走時曲線の折れ曲がる震央距離が大きいほど，この面の深さは＿＿＿と推定できる。

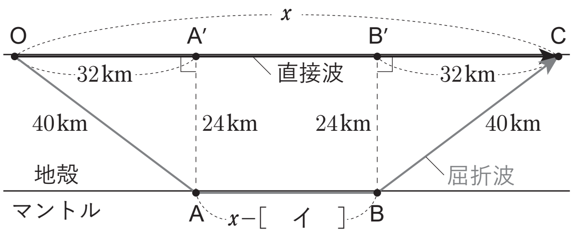
知っておこう

1909 年に発生した地震の研究を行ったクロアチアのモホロビチッチ (Andrija Mohorovičić) は，走時曲線をもとに，地下約 50km を境界面として地震波速度が急激に大きくなることを明らかにしました。この境界面が，現在モホロビチッチ不連続面と呼ばれている面です。モホロビチッチ不連続面の「不連続」は，地震波速度が不連続的に変化することに由来しているのです。

Chapter2　演習問題

　ここでは，走時曲線の折れ曲がりと地殻の厚さとの関係について確認してみましょう。

問題(1)　ある地域 X では地殻の厚さが 24km で一定であり，地殻内の P 波速度は 6.4km/s，マントル内の P 波速度は 8.0km/s です。このとき，地表付近の点 O で発生した地震の P 波のうち震央距離が x の観測点 C に伝わる屈折波は，折れ線 OABC のように〔OA:AA′:A′O＝CB:BB′:B′C＝5:3:4 を満たすように〕伝わることが知られています。下の文章中の空欄［　ア　］～［　エ　］に入る数値を，単位をつけて答えましょう。



　観測点 C に伝わる直接波の走時を t_1 と表すと，

$$t_1 = \frac{x}{6.4\text{km/s}}$$

である。

　観測点 C に伝わる屈折波が地殻内を伝わる距離は OA と BC の長さの合計，すなわち［　ア　］である。また，マントル内を伝わる距離は AB の長さ，すなわち $x-$［　イ　］である。よって，観測点 C に伝わる屈折波の走時を t_2 と表すと，

$$t_2 = \frac{[\quad ア \quad]}{6.4\text{km/s}} + \frac{x - [\quad イ \quad]}{8.0\text{km/s}}$$
$$= \frac{x}{8.0\text{km/s}} + [\quad ウ \quad]$$

である。

屈折波の方が直接波よりも早く到達する条件は，不等式

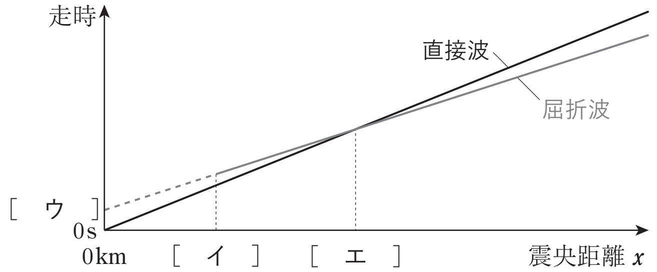
$$t_2 < t_1$$

を解いて，

$$x > [\quad \text{エ} \quad]$$

と求められる。

よって，走時曲線は次のように描かれる。



問題⑵　地域 Y では地域 X とくらべて地殻の厚さが 2 倍〔48km〕であり，その他の条件が地域 X と同じだとします。この地域 Y について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選んでください。

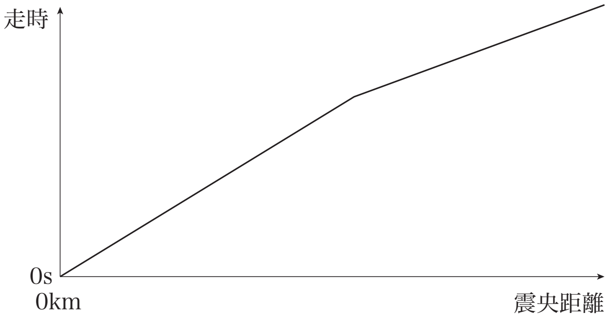
問題⑴と同じように考えると，地域 Y では地域 X とくらべて空欄［　**ア**　］の値は（2 倍 / 同じ / 半分），空欄［　**イ**　］の値は（2 倍 / 同じ / 半分）である。よって，空欄［　**ウ**　］の値は（2 倍 / 同じ / 半分）である。また，2 つの地域で地震波速度は同じなので，直接波や屈折波の走時曲線の（傾き / 切片）もそれぞれ同じである。以上より，地域 Y では地域 X とくらべて空欄［　**エ**　］の値が（2 倍 / 同じ / 半分）だと考えられる。

このように考えると，地震波速度が同じであれば，走時曲線の折れ曲がる震央距離は地殻の厚さに（比例する / 反比例する）ことがわかる。

第1講　PART1　確認問題

次の文章を読み，下の問いに答えよ。

問１　下図は震源の浅い地震の走時曲線である。走時曲線とは，縦軸に a走時，横軸に震央距離をとったグラフであり，ある震央距離のところで，b傾きが変わり，c折れ曲がるのが特徴である。この走時曲線から，（　ア　）不連続面の d深さを推定することができる。



(1)　下線部ａについて，走時とは何を表しているか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　地震波の速度

②　地震発生から地震波到達までの時間

③　地殻の密度

④　地殻の厚さ

(2)　下線部ｂについて，グラフの傾きが表しているものは何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　地震波の速度　　②　地震波の速度の逆数

③　地殻の密度　　④　地殻の厚さ

⑶　下線部ｃについて，グラフが折れ曲がる前の部分が表している地震波は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　直接波　　②　密度波
③　表面波　　④　屈折波

⑷　空欄アに入る語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ブーゲー　　②　ジオイド
③　フリーエア　　④　モホロビチッチ

⑸　（　ア　）不連続面の深さが表しているものは何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　地殻の密度　　②　地殻の厚さ
③　マントルの密度　　④　マントルの厚さ

⑹　下線部ｄについての説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　折れ曲がる震央距離が小さいほど，（　ア　）不連続面は深いと推定できる。
②　折れ曲がる震央距離が大きいほど，（　ア　）不連続面は深いと推定できる。
③　折れ曲がった後の傾きが小さいほど，（　ア　）不連続面は深いと推定できる。
④　折れ曲がった後の傾きが大きいほど，（　ア　）不連続面は深いと推定できる。

テキスト解答

第 1 講　地震波と地球の内部構造

PART1　近地地震の走時曲線

問題(1)　ア：80 km　イ：64 km　ウ：4.5 s　エ：144 km

問題(2)　2 倍，2 倍，2 倍，傾き，2 倍，比例する

PART2　アイソスタシー

問題(1)　ア：Sd_1　イ：$\rho_1 Sd_1$　ウ：$\rho_3 Sh_1$

エ：$S(\rho_1 d_1 + \rho_3 h_1)$　オ：$S\{\rho_2 d_2 + \rho_3 (h_1 + h_2)\}$

カ：$\rho_2 d_2 + \rho_3 h_2$

問題(2)　20 km，h_2 の方が大きい

PART3　遠地地震の走時曲線

問題(1)　ア：AH　イ：OA　ウ：$2R\sin\frac{\Delta}{2}$

問題(2)　0，21，37，43　【※図参照】

問題(3)　4000 km

問題(4)　大きすぎる，大きく

PART4　地球内部を構成する物質

問題(1)　ア：$\frac{4}{3}\pi R_0^3$　イ：$\frac{4}{3}\pi R_1^3$　ウ：$\left(\frac{R_1}{R_0}\right)^3$

エ：$\rho_0 V_0$　オ：$\rho_1 V_1$　カ：$\frac{\rho_1 V_1}{\rho_0 V_0}$　キ：$\frac{\rho_1}{\rho_0}\left(\frac{R_1}{R_0}\right)^3$

問題(2)　ク：0.33　ケ：84

確認問題解答

第1講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

走時とは，地震が発生してから，地震波が観測点に到達するまでに要した時間のことである。

(2)　②

解説：

走時曲線は，縦軸が時間（走時），横軸が距離（震央距離）なので，傾きは速度の逆数を表している。

(3)　①

解説：

折れ曲がる前のグラフは震央に近いところなので，地殻だけを伝わってきた直接波，折れ曲がった後のグラフは地殻とマントルを伝わってきた屈折波である。

(4)　④

解説：

ブーゲー，フリーエアは重力異常，ジオイドは地球の形状に関する名前である。

(5)　②

解説：

モホロビチッチ不連続面は地殻とマントルの境界面である。

⑹　②

解説：
モホロビチッチ不連続面が深くなると，折れ曲がりが生じる震央距離は大きくなる。